

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 30.10.2023 13:43:19
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет
Кафедра

Естественнонаучный
Химии и химической технологии

Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)

дисциплина

Б1.О.21 Процессы и аппараты химической технологии

обязательная часть

Направление

04.03.01

Химия

код

наименование направления

Программа

Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения

Очная

Для поступивших на обучение в
2023 г.

Стерлитамак 2023

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1. Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	Обучающийся должен: знать теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации
	ОПК-3.2. Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	Обучающийся должен: уметь выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты
	ОПК-3.3. Применяет расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	Обучающийся должен: владеть методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами
ПК-3. Способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	ПК-3.1. Осуществляет технологический процесс в соответствии с регламентом	Обучающийся должен: знать основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач
	ПК-3.2. Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Обучающийся должен: уметь рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать эффективность производства; применять программное обеспечение при решении задач

	ПК-3.3. Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме	Обучающийся должен: владеть навыками выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники, стандартных и оригинальных программ

2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Цели изучения дисциплины:

Цель изучения дисциплины включает выявление общих закономерностей процессов переноса и сохранения веществ и энергий; ознакомление с конструкциями аппаратов и машин химического производства, их характеристиками; освоение методов расчета технологических процессов и аппаратов для их проведения.

В рамках поставленной цели можно выделить следующие задачи:

- а) формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии, принципе действия и основных конструкциях аппаратов для проведения физико-химических процессов,
- б) изучение механизмов основных химико-технологических процессов,
- в) обоснование выбора оптимальных параметров режима протекающих процессов и расчета основных размеров соответствующих аппаратов для получения максимального выхода продукта,
- г) овладение навыками применения полученных знаний для решения практических задач и проектирования химических производств.

Таким образом, знания, полученные при изучении курса, необходимы при подготовке технологов широкого профиля для научно-исследовательской, проектной и практической работы на предприятиях.

Дисциплина представляет собой взаимосвязь между общенаучными, общехимическими, инженерными дисциплинами и профильными дисциплинами. Знания, полученные в данном курсе, необходимы для дальнейшего обучения по профильным дисциплинам и успешного прохождения преддипломной практики.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зач. ед., 108 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	30
практических (семинарских)	44

другие формы контактной работы (ФКР)	0,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	
зачет	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	33,8

Формы контроля	Семестры
зачет	8

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
1	Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии	1	0	0	1,8
1.1	Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии	1	0	0	1,8
2	Гидромеханические процессы и аппараты	7	16	0	8
2.1	Основы гидравлики	2	6	0	2
2.2	Гидростатика	1	0	0	1
2.3	Гидродинамика	1	0	0	1
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	2	10	0	2
2.5	Сжатие и разрежение газов	1	0	0	2
3	Разделение неоднородных систем	1	6	0	2
3.1	Классификация неоднородных систем и методов разделения	1	6	0	2
4	Теплообменные процессы и аппараты	11	12	0	12
4.1	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	1	0	0	2
4.2	Тепловые балансы	2	6	0	2
4.3	Передача теплоты теплопроводностью	1	0	0	1
4.4	Конвективный теплоперенос	1	0	0	1
4.5	Теплоотдача	1	0	0	1
4.6	Теплообмен излучением	1	0	0	1
4.7	Теплопередача	1	0	0	1
4.8	Теплообменные аппараты	2	6	0	2
4.9	Выпаривание	1	0	0	1
5	Массообменные процессы и	10	10	0	10

	аппараты				
5.1	Массопередача	2	10	0	2
5.2	Абсорбция	1	0	0	1
5.3	Перегонка (простая и сложная)	1	0	0	1
5.4	Жидкостная экстракция	1	0	0	1
5.5	Адсорбция	1	0	0	1
5.6	Ионный обмен	1	0	0	1
5.7	Кристаллизация	1	0	0	1
5.8	Сушка	1	0	0	1
5.9	Мембранные процессы разделения	1	0	0	1
	Итого	30	44	0	33,8

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии	
1.1	Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии. Знакомство с современным состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии в современном мире химической промышленности. Краткая характеристика предмета и задачи данной дисциплины и её роли в деле подготовки высококвалифицированных специалистов для отечественной промышленности в условиях многоуровневой системы высшего образования. Краткие исторические сведения о развитии и становлении курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о подобных дисциплинах за рубежом (в США, Великобритании и др. странах). Основные методологические принципы изучения данного курса в условиях Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Основные требования к уровню знаний студентов по таким критериям, как «знать», «уметь», «иметь представление» и «владеть» в области таких фундаментальных естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, как высшая математика, физика, теоретическая и прикладная механика, техническая и химическая термодинамика, общая и неорганическая химия, органической химия, физической химия, коллоидная химия, инженерная и компьютерная графика, информатика, компьютерные технологии и др..

		Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии. Роль и взаимосвязь типовых процессов в химической технологии. Непрерывные и периодические процессы. Стационарные и нестационарные процессы. Поля скоростей, температур и концентраций в стационарных и нестационарных процессах. Основные принципы составления математических описаний, анализа и расчета типовых процессов и аппаратов. Основные задачи статики, кинетики и динамики химико-технологических процессов.
2	Гидромеханические процессы и аппараты	
2.1	Основы гидравлики	Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Основные понятия, термины и определения: системы координат: гидродинамические понятия точки, элементарного объема, элементарной поверхности, элементарной частицы. Классификация сил, действующих на жидкость. Скалярные и векторные величины. Представление о градиенте. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Капельные и упругие жидкости. Идеальная и реальная жидкость. Основные физические свойства жидкостей: плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение. Понятие о критических параметрах: критическая температура, критическое давление и критический объём.
2.2	Гидростатика	Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики: закон распределения давления – дифференциальные уравнения равновесия Эйлера для относительного и абсолютного покоя, основной закон гидростатики – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии для покоящейся жидкости, закон Паскаля, уравнение поверхности уровня. Прикладные задачи и практическое приложение основных законов гидростатики: Определение сил давления на дно и стенки сосудов и аппаратов. Принципы работы гидростатических машин. Принципы измерения гидростатического давления и перепадов давления. Измерение уровня жидкостей в закрытых емкостях. Устройство основных приборов для практического измерения уровня давлений.
2.3	Гидродинамика	Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. Смешанная задача. Понятия о скоростях движения: локальная и средняя скорости. Методы Лагранжа и Эйлера для описания кинематики жидких сред.

	<p>Представление о потоке жидкости как потоке элементарных частиц: линия тока, элементарная струйка (трубка тока), поток. Поле скоростей. Стационарный и нестационарный потоки. Закон внутреннего трения Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости, общая характеристика реологических свойств неньютоновских жидкостей. Вязкость жидкости и её физическая сущность, как мера оценки переноса количества движения. Основные характеристики движения жидкостей: скорость потока, объёмный и массовый расходы. Гидродинамические режимы течения жидкостей в условиях внутренней и внешней задач гидродинамики. Опыт и число Рейнольдса. Определяющий геометрический размер в условиях внутренней и внешней задачи гидродинамики: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр и др. Общие характеристики ламинарных и турбулентных потоков жидкости. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальные уравнения неразрывности потока и движения жидкости Навье-Стокса и Эйлера, их практическое применение в вопросах гидродинамики. Различные формы записи дифференциальных уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Особенности течения вихревой жидкости. Уравнение Бернулли для описания течения идеальных и реальных жидкостей – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии движущейся жидкости. Представления о турбулентных потоках жидкостей. Структура турбулентных потоков интенсивность и масштаб турбулентности турбулентная вязкость. Особенности течения газов: изотермический и неізотермический потоки газов, течение газов с учётом фактора сжимаемости. Элементы теории гидродинамического подобия. Гидродинамическое подобие. Подобное преобразование уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Основные и производные критерии гидродинамического подобия, модифицированные критерии подобия. Определяемые и определяющие критерии. Основные типы критериальных уравнений для решения основных задач гидродинамики. Приближённое моделирование в гидродинамике. Основные прикладные задачи гидродинамики: Измерение динамического напора, скорости движения и объёмного расхода жидкостей (трубки Пито и Пито-Прандтля), расходомеры постоянного и переменного перепадов давления. Течение ньютоновских жидкостей в цилиндрических трубах и каналах:</p>
--	--

		<p>Ламинарное течение, закон распределения скоростей Стокса и уравнение Гагена-Пуазейля. Основные характеристики расчёта турбулентных течений. Характеристики течения неньютоновских жидкостей в цилиндрических каналах. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов: потери напора на трение и преодоление местных сопротивлений. Расчёт трубопроводов для транспортирования жидкостей: простые трубопроводы, разветвлённые трубопроводы и трубопроводные системы с путевым и транзитным расходом жидкости. Особенности решения задач по расчёту газопроводов. Закономерности истечения жидкостей через отверстия, насадки и водосливы при постоянном и переменном уровнях. Гидродинамика плёночного течения жидкостей. Движение жидкостей и газов через неподвижные слои зернистых материалов и насадок. Гидродинамика барботажа. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоёв твёрдых дисперсных материалов. Гидродинамика движение твёрдых тел в жидкостях. Диспергирование жидкостей: назначение и основные способы диспергирования. Дробление и коалесценция капель. Гидравлический удар в трубопроводах: природа гидравлического удара, скорость распространения ударной волны, влияние гидравлического удара на транспортирование жидкостей по трубопроводам, меры предотвращения возникновения гидравлического удара. Основные характеристики кавитации.</p>
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	<p>Насосы и вентиляторы, их классификация и основные характеристики. Устройства и принципы работы поршневых, центробежных и осевых машин, методика подбора насосов и вентиляторов. Общее представление о других типах насосов и других способах перемещения жидкостей.</p>
2.5	Сжатие и разрежение газов	<p>Основные характеристики процессов сжатия газов, классификация компрессоров. Термодинамические основы процесса сжатия, степень сжатия и её пределы, определение мощности компрессоров. Устройство основных типов и принципы работы поршневых, центробежных, винтовых и осевых компрессоров. Многоступенчатое сжатие. Сравнительная характеристика компрессоров. Вакуум-насосы в химической промышленности.</p>
3	Разделение неоднородных систем	
3.1	Классификация неоднородных систем и методов разделения	<p>Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Особое значение способов и эффективность разделения неоднородных систем при решении экологических проблем. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки</p>

		<p>эффективности процессов разделения. Основы составления материального баланса процессов разделения.</p> <p>Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия гравитационных сил (отстаивание). Основные закономерности процесса, задачи и методы расчета. Принципы устройства сгустителей и пылеосадительных камер.</p> <p>Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия центробежных сил. Характеристики и принципы создания центробежных сил. Фактор разделения. Циклонирование и центрифугирование неоднородных систем. Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы.</p> <p>Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия электрических сил. Физические основы процессов разделения неоднородных систем в электрическом поле. Способы создания неоднородных электрических полей.</p> <p>Принципиальные особенности конструкций электрофильтров, электролизёров и электродегидраторов.</p> <p>Разделение неоднородных систем фильтрованием. Физическая сущность, виды и методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Основное уравнение фильтрования и его анализ с точки зрения повышения эффективности процесса. Классификация промышленных фильтровальных установок и их основные характеристики: фильтровальные установки, работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги.</p> <p>Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним.</p>
4	Теплообменные процессы и аппараты	
4.1	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	<p>Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность. Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статики и кинетики процессов теплообмена.</p>
4.2	Тепловые балансы	<p>Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов.</p>
4.3	Передача теплоты теплопроводностью	<p>Температурное поле, его основные параметры и характеристики. Уравнение теплопроводности Фурье и дифференциальное уравнение теплопроводности. Решения дифференциального уравнения</p>

		теплопроводности для плоской и цилиндрических стенок в условиях стационарности процесса без внутренних источников теплоты. Уравнение теплопроводности при наличии внутренних источников тепла.
4.4	Конвективный теплоперенос	Теплообмен в условиях естественной и вынужденной конвекции. Уравнение теплоотдачи (закон охлаждения Ньютона-Рихмана). Коэффициент теплоотдачи и движущая сила. Представления о механизме процесса конвективного теплообмена в условиях ламинарного и турбулентного потоков. Тепловой пограничный слой. Температурное поле в условиях конвекции. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Тепловое подобие и основные критерии теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений для расчета конвективного теплообмена.
4.5	Теплоотдача	Теплоотдача в условиях естественной и вынужденной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Основная цель и принципы расчета кинетики процесса. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса.
4.6	Теплообмен излучением	Виды излучений. Физическая сущность процесса инфракрасного излучения и основные закономерности переноса теплоты излучением. Использование лучистого теплообмена на практике.
4.7	Теплопередача	Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи. Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчётах.
4.8	Теплообменные аппараты	Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты. Основные тенденции совершенствования конструкций теплообменных аппаратов.
4.9	Выпаривание	Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Основные типовые конструкции выпарных аппаратов и схемы выпарных установок. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Виды температурных потерь в выпарных установках. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по

		корпусам. Методики тепловых расчётов и определение температурных режимов работы выпарных установок. Основные принципы подбора и оптимизации работы выпарных аппаратов и установок в целом. Вспомогательное оборудование. Основные методы повышения эффективности процессов выпаривания в химической и других смежных отраслях промышленности.
5	Массообменные процессы и аппараты	
5.1	Массопередача	Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи. Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчёта: коэффициенты массопередачи, в т.ч. объёмный коэффициент массопередачи, общие и частные числа единиц переноса (ОЧЕП и ЧЕП) и высоты единиц переноса (ОВЕП и ВЕП). Понятие и определение теоретической ступени изменения концентраций или теоретической тарелки, высота эквивалентная одной теоретической ступени изменения концентраций или одной теоретической тарелке. Действительная или реальная ступень изменения концентраций или действительная тарелка. Общий коэффициент полезного действия тарелки и коэффициент эффективности по Мэрфри. Определение кинетической кривой процесса массопередачи.
5.2	Абсорбция	<p>Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость.</p> <p>Термодинамическое равновесие между фазами (правило фаз Гиббса и закон Генри). Выбор условий проведения процесса. Графическое представление процесса абсорбции на фазовой у-х диаграмме.</p> <p>Изотермический и адиабатический процессы физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы и уравнения линий рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Абсорбция многокомпонентных смесей. Кинетика процессов физической абсорбции. Общая характеристика хемосорбционных процессов.</p> <p>Аппаратурное оформление процессов абсорбции, устройство, общая характеристика и режимы работы насадочных, плёночных и тарельчатых абсорберов. Основные показатели процессов абсорбции и экономика процессов.</p> <p>Общая методика технологического и конструктивного расчетов абсорбционных аппаратов. Основные тенденции оптимизации режимно-технологических и конструктивных параметров процесса абсорбции.</p> <p>Десорбция. Основные цели и способы осуществления десорбционных процессов.</p>

		Основные технологические схемы процессов абсорбции.
5.3	Перегонка (простая и сложная)	<p>Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей (по данным Торманна). Основополагающие законы перегонки Коновалова и Вревского. Фазовые диаграммы состояний (t-x-y, y-x и энтальпийная h-x-y диаграммы) бинарных смесей. Простая перегонка. Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный баланс и основные показатели процесса</p> <p>Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на t-x-y диаграмме.</p> <p>Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз. Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение. Основные экономические показатели процесса ректификации. Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром. Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации. Общие сведения и основные характеристики периодической ректификации, ректификации многокомпонентных смесей, азеотропных смесей и др. Экстрактивная и азеотропная ректификация.</p>
5.4	Жидкостная экстракция	<p>Краткие сведения и общая характеристика процессов экстракции в системах жидкость-жидкость. Равновесие в системах жидкость-жидкость, изотермы экстракции и треугольные диаграммы. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции и основные кинетические закономерности процесса. Способы проведения экстракции и основные типы экстракционных аппаратов. Принципы</p>

		технологического расчёта экстракторов.
5.5	Адсорбция	Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции. Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдооживленным слоем адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса.
5.6	Ионный обмен	Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.
5.7	Кристаллизация	Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации. Основы разделения смесей растворённых веществ методом кристаллизации: материальный баланс и распределение концентраций веществ между фазами, определение коэффициента разделения. Многokратная перекристаллизация и методы её практической реализации: последовательное фракционирование, противоточная кристаллизация и др. Основные принципы устройства и работы кристаллизаторов: вальцовый, ленточный, объёмный (реакторный) и другие типы аппаратов. Процессы кристаллизации расплавов: сущность метода и его практическое применение.
5.8	Сушка	Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки. Основные задачи статики и кинетики процесса. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки. Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы. Статика процессов сушки. Основные характеристики влажных материалов как объектов процесса высушивания: Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги. Равновесие фаз при сушке. Движущие

		<p>силы процессов переноса влаги во внутридиффузионной и во внешнедиффузионной областях процесса сушки влажных материалов. Основные теплофизические свойства влажного воздуха, диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина и её использование в практических расчётах. Материальный и тепловой баланс процесса конвективной сушки. Идеальная и реальная конвективная сушилка. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина: простая сушка, сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха. Основные кинетические закономерности процесса сушки: кривые сушки и кривые скорости процесса, уравнение массопереноса при сушке, продолжительность процесса. Основные вопросы технологии процессов сушки, качество высушенных материалов. Основные конструкции и принципы работы конвективных сушильных аппаратов и основные экономические показатели их эксплуатации: сушилки с неподвижным или движущимся плотным слоем материала, сушилки с перемешиванием материала, сушилки с кипящим слоем, распылительные сушилки и другие типы сушилок. Методы повышения эффективности процессов сушки.</p>
5.9	Мембранные процессы разделения	<p>Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.). Практическое применение мембранных процессов разделения в современной химической технологии. Типы мембран и их основные характеристики. Общая характеристика аппаратного оформления мембранных процессов разделения: аппараты с плоскими мембранами, аппараты с трубчатыми мембранами, аппараты с рулонными мембранами и др. Основы технологического расчёта мембранных процессов разделения смесей: материальный баланс, расчёт поверхности мембраны, расчёт концентрационной поляризации. Экономические показатели мембранных процессов.</p>

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
2	Гидромеханические процессы и аппараты	
2.1	Основы гидравлики	<p>Ознакомление с различными системами единиц измерения физических величин. Выражение концентраций смесей в различных единицах измерения. Свойства жидкости: плотность, сжимаемость,</p>

		расширение. Решение заданий на основные законы гидростатики и гидродинамики.
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	Определение сопротивления в трубопроводах. Расчет мощности поршневых и центробежных насосов. Расчет основных параметров в насосах.
3	Разделение неоднородных систем	
3.1	Классификация неоднородных систем и методов разделения	Гидромеханические методы разделения смесей. Характеристики кипящего слоя: порозность, коэффициент псевдооживления, гидравлическое сопротивление, фиктивная и действительная скорость. Определение скорости начала псевдооживления и скорости уноса.
4	Теплообменные процессы и аппараты	
4.2	Тепловые балансы	Тепловые балансы, средняя движущая сила тепловых процессов, основное уравнение теплопередачи.
4.8	Теплообменные аппараты	Критериальные уравнения тепловых процессов, расчет теплообменных аппаратов. Решение задач по лучистому и конвективному теплообмену в трубчатых печах. Тепловой баланс теплообменника. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене при конденсации и испарении. Построение диаграмм фазового равновесия идеальной двухкомпонентной смеси.
5	Массообменные процессы и аппараты	
5.1	Массопередача	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов. Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение, методы расчета массообменных аппаратов. Материальный баланс процесса абсорбции, расчет насадочных и тарельчатых абсорберов. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации, расчет числа тарелок и высоты насадки колонных аппаратов. Расчет минимального и действительного флегмового числа. Определение числа тарелок по кинетической кривой. Материальный и тепловой баланс процесса сушки, диаграмма Рамзина. Расчет процесса экстракции в системе жидкость-жидкость в колонных аппаратах.